

## CRISE SANITAIRE

## « Beaucoup de jeunes enfants ne dorment plus, pleurent beaucoup, s'alimentent mal »

Les enfants, même tout petits, subissent durement les effets indirects de la pandémie de Covid-19. Jusqu'à, parfois, vouloir mourir. Malgré le manque de données épidémiologiques fiables pour évaluer leur santé mentale, une pédiatre et un pédopsychiatre alertent

## ENTRETIEN

Les plus jeunes ne sont pas épargnés par la crise due à la pandémie. La professeure Christèle Gras-Le Guen, pédiatre et chercheuse en épidémiologie, est chef des urgences pédiatriques et du service de pédiatrie générale du CHU de Nantes. Elle préside la Société française de pédiatrie, qui, depuis la fin du premier confinement, soutient la nécessité de maintenir les écoles ouvertes. Pédopsychiatre et chercheur, le professeur Richard Delorme dirige le service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent de l'hôpital Robert-Debré (AP-HP, Paris). Dès le printemps 2020, il avait alerté sur les risques de la crise sanitaire et du confinement pour la santé mentale des enfants. Tous deux ont fait partie des quelques médecins spécialistes de l'enfance récemment auditionnés par Emmanuel Macron. Entretien croisé.

## Un an après le début de cette crise sanitaire inédite, qu'avez-vous appris ?

**Christèle Gras-Le Guen :** Ce virus nous surprend encore tous les jours, car il ne correspond à rien de ce que l'on connaissait jusqu'ici. Je pense en particulier à sa capacité à infecter et à engendrer des formes graves de façon croissante avec l'âge. Ce qui est inédit, c'est que, contrairement à la grippe qui affecte le plus gravement les sujets fragiles (les très jeunes et les plus âgés), il n'infecte que peu les plus jeunes – et quasiment pas les nouveau-nés –, et de manière bénigne pour l'immense majorité.

Quant à ses effets indirects, il existe désormais une préoccupation majeure concernant la santé mentale des enfants. Le fait de ne pas voir la fin de l'épidémie majeure le stress et l'anxiété, comme les difficultés à gérer les menaces représentées par les variants.

**Richard Delorme :** Cette pandémie a surtout révélé les difficultés que l'on a à s'occuper de la question de l'enfance, et à raisonner scientifiquement à son propos. Qu'un stress persistant ou des situations exceptionnelles entraînent des effets délétères à moyen et long termes chez l'enfant est un phénomène connu depuis longtemps. Le confinement d'enfants lors de l'épidémie de grippe H1N1 avait déjà montré les conséquences de la quarantaine en matière de stress et d'humour dépressif. Mais ces évidences ont peu, voire n'ont pas, été considérées lorsque l'on a fermé radicalement les écoles au début de la crise due au Covid-19. Tout s'est passé comme si la population n'était composée que d'adultes, alors que les enfants représentent près d'un Français sur quatre.

En caricaturant, on a considéré leur capacité à mentaliser cette crise à peu près de la même manière que l'on abordait l'anesthésie générale avant une chirurgie il y a trente ans. A cette période, on estimait qu'un tout-petit ne ressentait pas la douleur ou n'en avait pas de souvenir. Ici, il a été imaginé que l'enfant était à la maison, protégé par la bienveillance parentale, et que cela suffisait. Et pourtant, les publications scientifiques attestent de conséquences sévères chez les enfants et les adolescents, y compris chez les moins de 6 ans. Ils apparaissent même plus vulnérables au stress de la crise que les adultes.

**La question du rôle des enfants dans la chaîne de contamination divise. Sur quelles données vous fondez-vous pour prôner le maintien de l'ouverture des écoles, qui fait aussi débat ?**

**C. G.-L. G. :** Un ensemble d'études montre que les enfants, surtout les petits, jouent un faible rôle dans l'épidémie. Ces conclusions sont confortées par un récent travail de la Société française de pédiatrie, à partir de données de Santé publique France (SPF) et de l'éducation nationale, sur la période allant de la rentrée de septembre aux vacances de la Toussaint.

Pendant cette période, où le nombre de cas de Covid a augmenté dans tout le pays, les moins de 18 ans n'ont contribué qu'à moins de 13 % des cas identifiés, alors qu'ils représentent 22 % de la population. Il y a eu

très peu de fermetures de classes (1%), très peu d'enseignants contaminés.

Si les moins de 6 ans ne sont quasiment pas concernés, il semble exister un continuum entre l'âge et la capacité à développer et à transmettre l'infection. La fréquence de la maladie chez les lycéens s'approche de celle observée chez les adultes jeunes. Le retour à l'école n'a en tout cas pas contribué à faire flamber l'épidémie, contrairement aux périodes de vacances, qui semblent plus à risque, du fait de contaminations survenant en priorité dans l'environnement familial.

Cette observation justifie a posteriori le choix d'une scolarité présentielle en septembre et octobre, afin de limiter les effets délétères de la fermeture des établissements observés lors du premier confinement : creusement des inégalités sociales, augmentation des tensions et violences intrafamiliales. La balance bénéfice/risque penche clairement en faveur de l'ouverture des établissements scolaires.

**La diffusion croissante des variants, chez les adultes, mais aussi chez les enfants, inquiète. Cela change-t-il la donne ?**

**C. G.-L. G. :** On sait aujourd'hui que le variant britannique est plus contagieux, chez l'adulte comme chez l'enfant. Mais son incidence reste bien moindre chez l'enfant que chez l'adulte, contrairement à ce qui avait été initialement suggéré. A ce stade, nous n'avons pas non plus de signal inquiétant des services de réanimation pédiatrique sur une augmentation de formes graves. Depuis le début de cette pandémie, il y a eu six décès d'enfants en France, à rapporter aux 90 000 au total sur le territoire. La dangerosité de ce virus pour l'enfant se situe au niveau de ses effets indirects, les violences intrafamiliales ou la santé mentale par exemple.

**Justement, concernant la santé mentale des plus jeunes, que disent les études scientifiques ?**

**R. D. :** Il y a un consensus scientifique fort sur l'existence d'une majoration des symp-



Dans le service de pédopsychiatrie de l'hôpital Robert-Debré, à Paris, le 13 novembre 2020. NICOLAS KRIEF POUR « LE MONDE »



Christèle Gras-Le Guen, en 2017.  
PHOTO PERSONNELLE



Richard Delorme, en 2018. ED ALCOCK/MY O.P.  
POUR « LE MONDE »

tômes d'anxiété, de dépression, d'irritabilité, de troubles alimentaires chez les enfants et les adolescents (de 30 % à 60 % selon les études et les âges). Récemment, une étude canadienne a montré que cela touche aussi les petits de 2 à 5 ans. Un tiers des parents rapportent plus de difficultés émotionnelles chez leurs enfants, sous la forme d'une plus grande agitation, de colères ou de difficultés de sommeil plus fréquentes. Ces résultats soulignent que les effets de la crise sont ressentis même par les plus jeunes.

Une étude japonaise a constaté une hausse du taux mensuel de suicides pendant la deuxième vague de l'épidémie, alors qu'il y avait eu une baisse pendant la première vague. C'est dans la population des enfants et des adolescents que l'élévation est la plus importante (+49 %), devant celle des femmes (+37 %). Ces données et d'autres montrent bien que cette crise exacerbe les fragilités dans les catégories les plus vulnérables.

## Qu'en est-il en France ?

**C. G.-L. G. :** Il est difficile d'accéder à des mesures objectives sur la santé mentale de l'enfant. Nous avons cependant des informations quantitatives assez précises à partir des résumés de passages aux urgences. Ceux-ci montrent, à partir de septembre, une augmentation tout à fait spectaculaire, au niveau national, des consultations pour anxiété, dépression, idées ou gestes suicidaires chez les jeunes, et ces chiffres restent élevés depuis.

Par exemple, pour les troubles de l'humeur – qui incluent les états dépressifs – chez les moins de 15 ans, la hausse a atteint 80 % pour les passages aux urgences et 79 % pour les hospitalisations durant la troisième semaine de janvier 2021, par rapport à 2020 et 2019. Bien sûr, la santé mentale ne se résume pas à ces indicateurs hospitaliers, il y a bien d'autres dimensions qu'il va falloir évaluer.

Nous voulons organiser des binômes pédiatres-pédopsychiatres dans chaque région pour partager ces informations. Les témoignages de nos collègues rapportent tous le même constat inquiétant. Nous voyons

aussi une augmentation marquée des troubles du comportement alimentaire de type refus alimentaire, avec une présentation différente des tableaux habituels.

## La pédopsychiatrie étant sinistrée, comment faites-vous ?

**C. G.-L. G. :** Nos capacités de réponse sont vraiment mises à mal. Par exemple, faute de lits de pédopsychiatrie, nombreux sont nos patients pris en charge en pédiatrie générale. Comme dans toute situation de crise, les populations vulnérables sont les premières atteintes, mais elles ne sont pas les seules. La moitié de ces enfants qui sont hospitalisés aujourd'hui n'ont ni antécédent psychiatrique ni contexte familial ou social compliqué.

**R. D. :** Les urgences en pédopsychiatrie étaient déjà saturées avant l'épidémie. Dans mon hôpital, nous étions en tension, nous sommes en surtension.

## A l'automne, professeur Delorme, vous aviez alerté les autorités sanitaires sur une augmentation des tentatives de suicide. Quelle est la situation actuelle ?

**R. D. :** De septembre à décembre 2020, à l'hôpital Robert-Debré, nous en avons vu de 20 à 40 par mois, soit plus d'un doublement par rapport aux dix années précédentes. Décembre et janvier ont été les deux mois de plus forte croissance, +200 % et +150 % respectivement. Février a été moins difficile (+30 %), mais on observe déjà un très fort accroissement en mars. Comme dans l'étude japonaise, nous avons constaté une baisse du recours aux soins durant le premier confinement.

Si, en septembre, j'ai pu penser que l'augmentation des tentatives de suicide était un phénomène de « rattrapage » ou lié à l'effet de la saisonnalité, aujourd'hui une telle tendance ne peut être due qu'à la crise que nous traversons. Mes collègues pédopsychiatres décrivent une situation similaire en région. La problématique se pose aussi à l'international, notamment aux Etats-Unis ou en Angleterre.

## LES CAS D'ANOREXIE ET DE BOULIMIE EXPLOSENT

Pendant le premier confinement, je pensais toute la journée à la nourriture, je peisais chaque aliment, je regardais sans cesse des recettes, se souvient Irène (le prénom a été changé). L'étudiante, âgée de 20 ans, souffre d'anorexie depuis quelques années. « Les troubles se sont amplifiés pendant cette période, puis, pendant le deuxième confinement, l'hyperphagie et la boulimie ont remplacé l'anorexie », décrit la jeune femme, qui habite seule dans un petit studio. L'ennui est pour elle le déclencheur. Elle se sent souvent oppressée, dort mal, souffre de symptômes anxieux. Suivie à la clinique Béthanie, à Talence, près de Bordeaux, elle dit aller mieux aujourd'hui mais rester fragile.

« Depuis la deuxième vague de Covid, la conjugaison de l'isolement de la famille, de la perte de liens avec ses pairs et de l'incertitude quant aux examens et à l'avenir a amplifié les états anxio-dépressifs, entraînant de nombreuses étudiantes isolées à tenter de lutter contre les angoisses par la boulimie et l'hyperphagie », explique le psychiatre Xavier Pommereau, responsable de l'hôpital de jour pour les 16-25 ans à la clinique Béthanie. Il a constaté une augmentation du nombre d'épisodes de gavage alimentaire massif, très désordonnés, suivis de conduite d'élimination sous la forme de vomissements répétés et/ou d'hyperactivité. « De plus en plus de patients décompensent et beaucoup nous ont demandé des hospitalisations à temps complet », ajoute le docteur Pommereau.

### « Retard d'accès aux soins »

Un constat inquiétant largement partagé chez les spécialistes des troubles du comportement alimentaire (TCA). « Nous gérons une explosion de la demande de soins pour les TCA sur tout le territoire, avec des aggravations en raison du retard d'accès aux soins pendant le premier confinement », assure la

professeure Nathalie Godart (Fondation santé des étudiants de France), présidente de la Fédération française anorexie boulimie (FFAB). Cette hausse est décrite dans tous les pays européens et concerne les enfants, les adolescents et les adultes.

Une enquête flash menée par la FFAB auprès de 147 professionnels (à 80 % hospitaliers) atteste une augmentation des besoins chez les patients, et des situations nécessitant d'emblée une hospitalisation en urgence. Il y a des cas plus sévères, principalement pour l'anorexie mentale, mais aussi, à un moindre niveau, pour la boulimie et l'hyperphagie. Les délais de prise en charge se sont allongés, contraignant certains centres à ne plus accepter de nouveaux patients.

Face à cette situation, plusieurs équipes ont alerté les agences régionales de santé (ARS). La FFAB a averti le ministère de la santé. La ligne téléphonique Anorexie Boulimie Info écoute (0810 037 037) a vu ses appels augmenter de 30 % en 2020, une hausse qui ne faiblit pas, avec une augmentation du temps d'écoute (21 minutes en moyenne).

Sur le terrain, les spécialistes s'adaptent comme ils peuvent. Au CHU de Nantes, le nombre d'hospitalisations pour anorexie a doublé, celui de leur prise en charge en hôpital de jour d'addictologie est passé de 60 à 90, souligne le psychiatre Bruno Rocher, responsable de cet hôpital de jour. « A partir du premier confinement, nous avons vu, d'une part, des rechutes chez des patientes déjà suivies et, d'autre part, un afflux d'adolescentes entrant dans l'anorexie sur un mode aigu, détaille-t-il. Beaucoup sont arrivées avec des pertes de poids importantes (15-20 kilos) nécessitant une hospitalisation, et une présentation un peu inhabituelle. Les troubles ont le plus souvent commencé par une hyperactivité physique pendant le confinement, suivie dans un deuxième temps seulement par la restriction alimentaire. »

« NOUS CONTINUONS À AVOIR PLUS DE DEMANDES D'HOSPITALISATION, PRESQUE DEUX FOIS PLUS QU'AVANT LA PANDÉMIE »

COLINE STORDEUR  
CHEF DU PÔLE TROUBLES  
DU COMPORTEMENT  
ALIMENTAIRE DE L'HÔPITAL  
ROBERT-DEBRÉ (AP-HPI)

Face à la saturation des capacités d'hospitalisation, l'équipe, qui a accueilli habituellement des patients de toute la région Grand-Ouest, a restreint ses critères géographiques et durci ceux d'âge (15-35 ans). Les prises en charge à domicile, après une hospitalisation courte, ont aussi été développées. Le délai d'attente en consultation pour l'anorexie est désormais, sauf urgence, de trois à quatre mois.

Même constat pour David Briard, chef du service grands enfants et adolescents au CHU de Rennes. Le nombre d'hospitalisations de patients anorexiques a doublé en 2020, passant de 27 à 57, et ce chiffre reste élevé en 2021. « C'est souvent la perte brutale de repères qui a aggravé les symptômes », décrit le docteur Briard.

« Nous continuons à avoir plus de demandes d'hospitalisation, presque deux fois plus qu'avant la pandémie », estime la docteure Coline Stordeur, chef du pôle de TCA de l'hôpital pour enfants Robert-Debré, de l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris. Dans son unité spécialisée de neuf lits, elle peut avoir jusqu'à huit petits patients qui attendent une place, contre trois ou quatre habituellement. Ce sont des enfants de 8 à 12 ans qui souffrent d'anorexie mentale à début précoce ou d'Arfid, un TCA qui consiste

en une alimentation très sélective avec restrictions et en l'évitement de certains aliments. Ces tableaux sont plus sévères qu'auparavant, selon la pédopsychiatre. « Il y a aussi plus d'enfants qui étaient de "petits mangeurs", mais qui vont désormais jusqu'à l'aphagie, ou d'autres, très anxieux, souffrant de nosophobie – une peur intense de la maladie, que ce soit le Covid-19 ou une autre pathologie – et de troubles obsessionnels compulsifs (TOC) autour de la propreté », poursuit Coline Stordeur.

### Stress majeur

Les spécialistes sont aussi préoccupés par les patients boulimiques. Nathalie Godart évoque ainsi « des états de mal boulimique », avec des crises cinq ou six fois par jour, qui empêchent ces personnes d'avoir une quelconque activité, les conduisant parfois à des idées suicidaires.

Comment expliquer cette flamme dans le contexte actuel ? « Le premier confinement a généré un effet de stress majeur chez toute la population, en particulier chez les personnes susceptibles de développer des TCA, en les déclenchant, ou les aggravant », souligne Nathalie Godart.

La régulation des émotions a joué un rôle important dans l'aggravation des symptômes pendant la pandémie, selon une étude britannique, à laquelle ont participé plus de 200 personnes ayant des TCA. Des émotions difficiles (comme la peur et l'incertitude), les changements de routine et certains messages sur les réseaux sociaux (par exemple présentant la pandémie comme un temps propice à la perte de poids et la remise en forme) ont été des éléments déclencheurs, soulignent les auteurs, dans leur article paru dans le *Journal of Eating Disorders* le 12 janvier.

Un dégât collatéral de plus de cette crise sanitaire sur la santé mentale. ■

S. CA. ET P. SA

Habituellement, chez les moins de 13 ans, il y a un paradoxe entre le geste suicidaire qui peut être très grave (défenestration, strangulation...) et la volonté de mourir, qui est plutôt faible. Aujourd'hui, on est surpris de voir des enfants dont le désir de mort est si fort.

C. G.-L. G. : Au CHU de Nantes, les enfants admis en service de pédiatrie générale après tentative de suicide sont plutôt plus jeunes qu'avant la pandémie, et avec des formes plus graves. De manière inédite depuis plusieurs semaines, on observe des récurrences du geste suicidaire au cours de l'hospitalisation, ce qui était totalement exceptionnel auparavant. Pourtant, la région Ouest a été plutôt épargnée par l'épidémie, donc on ne peut pas argumenter uniquement sur le rôle d'inquiétudes pour leurs proches, ou d'effets liés au deuil...

Les données de Santé publique France ne rapportent qu'une légère augmentation des hospitalisations pour geste suicidaire chez les moins de 15 ans. Comment expliquer ce décalage avec ce que vous décrivez ?

R. D. : Lorsque j'ai lancé l'alerte, en novembre, SPF n'avait pas encore perçu ce signal. Les difficultés pour avoir des chiffres cohérents montrent la nécessité de reconstruire une politique forte autour de la question de l'enfance. Conduire la crise et la politique publique de l'enfance sans indicateur fiable est vraiment difficile. D'où la nécessité annoncée par le président de la République de mener rapidement une enquête sur la santé mentale des populations pédiatriques. Appréhender scientifiquement la question de la santé mentale de l'enfant et de son bien-être – notamment dans la crise – est indispensable.

Plus largement, quel est l'impact chez les plus petits ?

C. G.-L. G. : Chez les moins de 9-10 ans, les tableaux sont souvent moins spectaculaires, et ils sont le plus souvent pris en charge en ambulatoire, par les médecins généralistes,

les pédiatres et les services de protection maternelle et infantile. Nos collègues sont submergés de nourrissons et de jeunes enfants qui ne dorment plus, pleurent beaucoup, s'alimentent mal... On comprend que cette crise génère des symptômes différents selon l'âge, mais aucun âge n'est vraiment épargné.

Qu'en est-il des maltraitances, qui ont fortement augmenté au début de la crise ?

C. G.-L. G. : Alors que l'ensemble de l'activité en pédiatrie générale avait beaucoup diminué pendant le premier plus le deuxième confinement au CHU de Nantes, le nombre d'enfants pris en charge et d'alertes aux services sociaux par notre unité d'accueil des enfants en danger n'a pas été modifié et les cas de maltraitance étaient plus graves.

Nous avons de grandes inquiétudes pour ces familles très vulnérables, dont la situation n'a cessé de s'aggraver depuis le début du premier confinement. Mais à l'échelle nationale, là aussi, les données, en temps réel et détaillées, manquent.

Vous avez dressé un constat assez complet et inquiétant. Quels messages concrets adressez-vous aux parents ?

R. D. : L'Organisation mondiale de la santé et l'Unicef [l'agence onusienne chargée de l'enfance] encouragent les parents à plus

« CETTE PANDÉMIE A RÉVÉLÉ LES DIFFICULTÉS QUE L'ON A S'OCUPPER DE LA QUESTION DE L'ENFANCE ET À RAISONNER SCIENTIFIQUEMENT À SON PROPOS »

RICHARD DELORME  
PÉDOPSYCHIATRE  
À L'HÔPITAL ROBERT-DEBRÉ (AP-HPI)

d'attention à l'égard de leur progéniture. Il faut inciter les parents à discuter avec eux de la crise, savoir ce qu'ils ressentent, leur accorder un peu plus de temps que d'habitude. Toutes les familles sont concernées. Certains enfants sont plus vulnérables, c'est une évidence, mais nous vivons tous, quel que soit notre âge, une crise majeure.

Aussi, il faut être attentif à toute aggravation ou modification de comportement. Par exemple, un petit qui ne dormait pas très bien et qui dort encore moins bien, un mal au ventre ou à la tête. Cela doit interpellé et amener à consulter son médecin généraliste, son pédiatre, discuter avec l'enseignant, le psychologue de l'école, etc. Tous ces signes en apparence mineurs sont autant de révélateurs de la souffrance que les enfants peuvent vivre.

La prévention passe aussi par le fait de continuer à sortir, faire du sport, pratiquer une activité en famille. En cette période de restrictions, il y a trop d'enfants qui ne sortent pas de leur appartement du vendredi soir à la fin de l'école au lundi matin. Cette génération est à suivre, de toute évidence. Elle subit une incroyable pression, entre la crise sanitaire, l'inquiétude écologique et les menaces d'attentats qui la touchent aussi. Au-delà de l'alarme, il y a la nécessité de mieux prévenir.

Des états généraux de la psychiatrie sont prévus en juin, la santé mentale des enfants en fera-t-elle partie ?

R. D. : Oui, je l'espère, mais il faut plaider pour des états généraux de l'enfance. La pandémie provoque une crise économique mondiale dont les enfants seront les premières victimes. Henrietta Fore, la directrice générale de l'Unicef, a ainsi déclaré début mars que tous les principaux indicateurs de l'enfance ont régressé au niveau mondial. Par exemple, le nombre d'enfants affamés, isolés, maltraités, anxieux, vivant dans la pauvreté ou contraints au mariage a augmenté. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR SANDRINE CABUT ET PASCALE SANTI

## TÉLESCOPE

ASTRONOMIE

### Une atmosphère secondaire en formation autour d'une exoplanète

À l'origine, l'exoplanète GJ 1132-b était une « mini-Neptune », à savoir un gros noyau rocheux entouré d'une très épaisse couche d'hydrogène et d'hélium, lui donnant les caractéristiques d'une planète gazeuse. Mais, en raison de l'intense radiation de son étoile, GJ 1132-b s'est fait dépouiller de son atmosphère primordiale et seul son noyau nu, de la taille de la Terre, est demeuré. Dans une étude à paraître dans *The Astronomical Journal*, une équipe internationale explique avoir détecté, grâce au télescope spatial Hubble, la présence d'une atmosphère secondaire autour de la planète, une première. Cette nouvelle atmosphère serait formée par des gaz contenus dans le manteau de la planète, lesquels remonteraient à la surface à l'occasion de processus volcaniques.

### ASTROPHYSIQUE Bombardement inédit d'un neutrino sur la Terre

L'expérience IceCube, installée sous les glaces de l'Antarctique, a peut-être confirmé une prédiction de plus de soixante ans du Prix Nobel de physique Sheldon Glashow. Sa théorie prévoit qu'un neutrino (une particule presque sans masse) très énergétique peut créer une gerbe de particules en percutant un électron de la matière terrestre. L'énergie nécessaire est colossale, plus de 1000 fois supérieure à celle engendrée dans le plus puissant des accélérateurs de particules sur Terre, le LHC du CERN. Pour



la première fois, ce phénomène aurait donc été repéré, fin 2016, par IceCube. De longues analyses ont été nécessaires pour évaluer les probabilités de diverses origines possibles. Malgré ce travail, le résultat, encore incertain, empêche d'affirmer une découverte. La source ayant créé ce neutrino surpuissant est aussi impossible à déterminer. Si l'événement était confirmé, cela permettrait d'élucider le mécanisme capable, au cœur des galaxies, de lancer des particules à de telles énergies. PHOTO: ERIK BEISER/ICECUBE/NSF > Collaboration IceCube, « Nature », le 11 mars

MÉDECINE

### Le confinement nuit au sommeil des 18-24 ans

Si près de la moitié des Français ont des problèmes de sommeil, les 18-24 ans ont été les plus touchés par la diminution de la qualité du sommeil pendant le deuxième confinement (39 % d'entre eux), contre 26 % des Français. C'est ce que montre une enquête menée entre le 8 et le 15 janvier par OpinionWay pour l'Institut national du sommeil et de la vigilance, rendue publique mardi 16 mars, à l'occasion de la 2<sup>e</sup> Journée du sommeil qui se tiendra vendredi 19 mars. De même, les jeunes femmes étaient les plus fatiguées lors du deuxième confinement, avec un score de fatigue de 5,4 sur 10, contre 5,1 pour les Français. Période durant laquelle un tiers des Français ont eu des symptômes anxio-dépressifs, souvent en association avec un trouble du sommeil. Un chiffre qui atteint 40 % chez les 18-24 ans. 22 % se sentaient tristes, déprimés ou désespérés tous les jours.

1,6

C'est, en million, le nombre de paires de jumeaux qui naissent chaque année, selon une étude internationale publiée dans *Human Reproduction* le 12 mars. Depuis les années 1980, le taux global de géomélie a augmenté d'un tiers, passant de 9,1 à 12 naissances pour 1000 accouchements, ont calculé les auteurs. Ce niveau sans précédent s'explique en grande partie par l'augmentation des jumeaux dizygotes (faux jumeaux), en lien avec le développement considérable de la procréation médicale assistée au cours des dernières décennies. La proportion de jumeaux monozygotes (vrais jumeaux) est, elle, stable, à 4/1000 naissances.



## ZOOLOGIE

## Non, nous ne descendons pas de la larve de lamproie

La lamproie effraie... ou horrifie. Certes, les sénateurs romains de l'Antiquité en conservaient dans leurs bassins comme d'autres collectionnent les carpes. Quant aux monarques britanniques, jusqu'à Elizabeth II, ils en agrémentaient leurs tartes pour les grandes occasions. Il n'empêche: pour la plèbe dont nous sommes, difficile de tomber en amour, comme disent nos cousins québécois, devant une telle bestiole. Tetsuto Miyashita, chercheur au Musée de la nature, à Ottawa (Canada), propose quelques images, toutes ravissantes. «*Un poisson vampire sous-marin*», «*une sorte d'anguille sans mâchoire et suceuse de sang*» ou encore «*une sauteuse nageuse pourvue d'un pommeau de douche en guise de bouche*». Tout inoffensif que soient ces spécimens, il n'est pas évident de nager tranquillement dans une rivière qui en est remplie.

Malgré sa plastique, la lamproie jouissait, depuis cent cinquante ans, d'une aura particulière. Les spécialistes de l'évolution animale avaient conclu que sa larve représentait la forme contemporaine la plus primitive d'une vie de vertébrés, l'image de notre ancêtre à tous, poissons, oiseaux, mammifères. Comme toutes les théories, elle avait ses opposants. Mais, bon an mal an, sans s'en vanter, les évolutionnistes s'accordaient à se considérer comme des descendants des lamproies. Ou plutôt de leurs larves.

Car l'animal offre un cycle particulier. Avant d'afficher sa plastique parfaite et juste après son éclosion, il ressemble plutôt à un ver aveugle, enfoui dans le sable, qui se nourrit par filtration. Au cœur du XIX<sup>e</sup> siècle, les scientifiques, convaincus que les stades de développement biologique recapitaient l'histoire évolutive des espèces, ont ainsi installé cette larve primitive aux fondements du sous-embryon des vertébrés.

Et bien non ! Dans un article publié le 10 mars dans *Nature*, Tetsuto Miyashita et ses collègues ont mis fin à cette usurpation



Lamproie de rivière, BIOSPHOTO

d'identité. Pour cela, ils ont retrouvé dans des collections muséales des fossiles de lamproies mis au jour aux États-Unis et en Afrique du Sud et vieux de 310 à 360 millions d'années. Les plus petits d'entre eux (14 mm) portaient encore un sac vitellin, preuve qu'ils venaient d'éclore. Mais aussi de grands yeux et une ventouse orale dentée. Pour le biologiste canadien, la conclusion s'impose: «*Les lamproies ancestrales ne passaient pas par un stade aveugle, alimenté par filtration. La phase larvaire moderne est une innovation récente et les lamproies ne sont pas les capsules temporelles immergées que nous pensions.*»

Deux questions surgissent. La première tient à cette innovation «récente». L'équipe de chercheurs constate que ces fossiles, adultes comme juvéniles, proviennent tous d'univers marins alors que les lamproies modernes naissent dans les rivières. L'espèce aurait donc migré, avant l'âge des dinosaures et pour une raison inconnue. Faute de petits poissons gorgés de sang, elle aurait évolué vers une approche plus généraliste de l'existence: s'enterrer dans le sable et aspirer des particules alimentaires. Un mode de vie simple... mais pas forcément élémentaire.

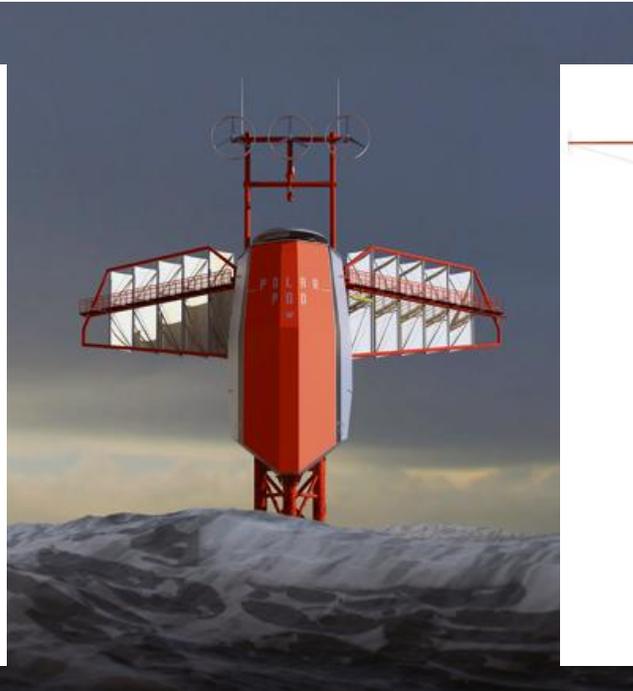
D'où la deuxième interrogation: qui placer à la base des vertébrés? «*Un groupe éteint de poissons sans mâchoires: les ostracodermes*», répondent les chercheurs. D'après leur analyse, ils auraient donné naissance à deux embranchements, les lamproies d'un côté et les vertébrés à mâchoires de l'autre, dont nous sommes. Rassurés d'échapper à la lignée des vampires sous-marins? Fort bien. Mais, si vous rencontrez une représentation d'ostracodermes, détournez le regard. ■

NATHANIEL HERZBERG

## LE BATEAU VERTICAL DE JEAN-LOUIS ÉTIENNE FENDRA BIEN LES FLOTS

C'est parti pour le Polar Pod. Au terme de dix années d'efforts, l'explorateur Jean-Louis Étienne a réussi son pari: lancer officiellement, mardi 16 mars, sa prochaine expédition dans les cinquantièmes hurlants, cette zone de l'océan austral proche de l'Antarctique. La mission consistera, en décembre 2023, à embarquer sur un «navire vertical haut de 100 mètres et à réaliser deux tours du monde, en se laissant porter d'ouest en est, par le courant circumpolaire antarctique», expose-t-il. Avec un objectif: recueillir des données sur le climat, la biodiversité et la pollution, dans cette région mal connue dont les eaux froides absorbent 40 % des émissions de gaz carbonique d'origine humaine. L'étrange engin nautique, digne d'un roman de Jules Verne, a été conçu comme une plate-forme mobile, à même d'accueillir nombre d'expériences. Le comité scientifique réunit le CNRS, le CNES et l'Iremer, qui assurera en outre la maîtrise d'ouvrage de la construction, dans le cadre du Programme d'investissement d'avenir, qui pourrait démarrer prochainement.

PHOTOS: NICOLAS GAGNON - SYLVAIN BERGÉON



## LES LIVRES

## Des guides pour se cultiver dans la nature

Reconnaissance des fossiles, identification des roches, noms des habitants de la forêt: trois manuels pour randonner malin

Avec la fermeture des cinémas, des théâtres, des salles de concert et des musées, l'expression «*sortie culturelle*» s'est enfoncée dans les profondeurs nébuleuses de la mémoire et tient de plus en plus de la science-fiction, si ce n'est du fantasme. Comment faire, dès lors, pour alimenter son cerveau hors de son domicile, pour rassasier sa curiosité, pour savourer du savoir? Une suggestion

simple: marcher dans la nature et regarder la Terre sous ses pieds...

Éditeur spécialisé dans la nature, Delachaux et Niestlé vient de publier deux livres voulant susciter l'intérêt pour ce monde minéral que l'on foule sans le regarder. La tâche n'est pas simple, reconnaît le géologue suisse Jürg Meyer dans son ouvrage *Identifier les roches*: «*Très jeunes, les enfants (...) découvrent de nouveaux animaux et de nouvelles plantes en lisant des livres d'images, en écoutant des contes, mais aussi à l'école, en dessinant ou à l'occasion de travaux manuels. Nos enfants bénéficient donc véritablement d'un entraînement à reconnaître plantes et animaux. Rien de tel n'est entrepris pour la connaissance des roches et des minéraux. (...) Quel handicap injuste!*»

## Une loupe et beaucoup de patience

Il est vrai que la nature n'aide pas, car le concept d'espèce, si pratique dans le monde du vivant, n'existe pas au pays des cailloux, où les éléments se mélangent à gogo pour donner d'innombrables combinaisons. Jürg Meyer livre donc des «*clés d'identification*» afin de devenir un véritable «*Sherlock Holmes*». Comme le détective de Conan Doyle, le géologue amateur devra s'armer d'une loupe et de beaucoup de patience pour distinguer les roches macrocristallines des microcristallines, les compactes des poreuses, les dures des tendres... Mais, ce faisant, il voyagera dans le passé de la Terre.

Promenade analogue dans le *Guide des fossiles*. Son auteur, Frank Rudolf, propose un catalogue des 400 espèces animales et végétales que l'on retrouve le plus souvent sous forme pétrifiée, en faisant, pour chaque famille, le lien avec ses représentants actuels. Les espèces marines prédominent largement avec quantité de coraux, d'éponges, de mollusques – parmi lesquels on retrouve les célèbres ammonites spiralées –, d'arthropodes ou de poissons. Mais il n'est pas interdit de rêver à la découverte d'une dent d'ours des cavernes ou de mammouth...

Pour ceux, enfin, qui préfèrent le vivant à l'inerte, signalons la série de guides nature du groupe de presse et d'édition franco-suisse Salamandre. Ce dernier vient de publier la deuxième mouture de son *Guide nature en forêt*, qui permet de ne pas être collé par ses enfants lorsqu'ils demandent, lors des sorties dominicales, comment se nomme tel arbre ou tel oiseau. Ceci, vois-tu, est un alisier blanc et ceci est un torcol fourmilier... Qui a opposé nature et culture? ■

PIERRE BARTHÉLÉMY

*Guide des fossiles*, de Frank Rudolf (Delachaux et Niestlé, 288 p., 24,90 €).

*Identifier les roches*, de Jürg Meyer (Delachaux et Niestlé, 144 p., 25,90 €).

*Le Guide nature en forêt*, ouvrage collectif dirigé par Alessandro Staehli (La Salamandre, 196 p., 17 €).



## CARTE BLANCHE

## En médecine, les « autres savoirs » de la Chine

Par STÉPHANE VAN DAMME

On a beaucoup parlé de la diplomatie du masque, puis aujourd'hui de celle du vaccin pour montrer l'usage que font les autorités chinoises de la pandémie comme arme géopolitique. Le Monde s'était fait l'écho de la présence de la médecine traditionnelle chinoise dans cet arsenal diplomatique (15 juin 2020).

Au-delà des slogans et des anathèmes, tout un ensemble de publications

récentes essaient de rouvrir le débat. Après avoir reconstitué la généalogie du concept de contagion dans la longue histoire chinoise, dans *Speaking of Epidemics in Chinese Medicine* (2011, non traduit), Martha Hanson, historienne de la médecine à l'université Johns-Hopkins (Maryland), approfondit la question des «*médecines alternatives*» dans le sillage des travaux pionniers d'histoire culturelle des épidémies de Charles Rosenberg. Il ne s'agit pas de renoncer à la biomedicine ou de mettre en concurrence ses bienfaits, mais d'être attentif à ce que l'historienne appelle des situations de «*bilinguisme théorique*». Comme sa collègue anthropologue Helen Tilley le propose dans son article paru le 25 mai 2020 sur le site Somatosphere.net, elle examine des «*thérapeutiques polyglottes*» qui prennent en compte, sans les opposer, ces autres savoirs, en particulier de manière préventive. Pour autant, ces chercheurs n'ignorent pas que ces médecines sont devenues, en quelques années, les enjeux d'un vaste projet de «*santé planétaire*» lancé par la Commission Rockefeller Foundation-Lancet en 2015 et qui vise à réconcilier gouvernance mondiale et savoirs vernaculaires.

Cette curiosité n'est cependant pas nouvelle. Déjà au XVIII<sup>e</sup> siècle, les sa-

vants jésuites en poste à Pékin font parvenir en France un ensemble de mémoires et d'entretiens sur cette question, comme nous le rappelle Alexander Statman, de l'université du Wisconsin, dans *A Global Enlightenment: Western Progress and Chinese Science* (Chicago University Press, sous presse).

## « En tirer une conséquence utile »

L'encyclopédie produite par les anciens missionnaires de Chine, *Mémoires concernant l'histoire, les sciences, les arts, les mœurs, les usages des Chinois*, l'affiche clairement dans son premier volume, publié en 1776: «*Si depuis que la Chine envoie en Europe des observations et des faits, on les eût toujours recueillis soigneusement, et donnés au public à peu près tels qu'ils étaient, nous serions plus en état que nous ne le sommes de comparer les Chinois avec nous, quant aux Arts, à l'Industrie, aux Mœurs, au Gouvernement. Nous aurions vu il y a longtemps que cette Nation, éloignée de nous à tant d'égarés, n'a pas été moins riche, ni moins heureuse que nous; qu'elle l'a peut-être été davantage: et nous aurions pu en tirer cette conséquence utile qu'un certain milieu entre la grossière ignorance et les raffinements des Sciences et du Goût est peut-être l'élément qui convient le mieux à l'espèce humaine.*»

L'un de ses rédacteurs, le père jésuite Joseph Amiot, se met ainsi en scène pour raconter comment il a demandé à un médecin chinois venu le soigner de répondre aux questions d'un médecin européen sur la médecine qu'il pratique: «*Tout ce que je viens de vous dire en fait de Médecine est un résumé des réponses de mon Médecin Chinois à mesure que je l'interrogeais, ou que je lui demandais des éclaircissements sur ce que je n'avais pas bien compris; car je voulais tout comprendre pour ne point faire de quiproquo. (...) Il a été très flatté de la manière avantageuse dont votre habile Médecin Européen parle de la Médecine Chinoise. Il faut, m'a-t-il dit, qu'il soit très habile, puisqu'il n'est pas présomptueux, et qu'il pense qu'on peut trouver chez les Peuples étrangers des lumières qui peuvent l'éclairer encore sur son art.*» Ces *Mémoires*, publiés entre 1776 et 1814, possèdent une vocation clairement encyclopédique: ce que les Européens s'interrogent aussi bien sur le statut épistémologique que les pratiques chinoises que sur leur universalité dans le contexte de la mondialisation des Lumières. ■

Stéphane Van Damme

Professeur d'histoire des sciences à l'École normale supérieure (Paris)

# Essais cliniques : la recherche publique trop peu transparente

EXCLUSIF - En France, l'obligation d'enregistrer les résultats des essais dans une base de données européenne est très mal respectée

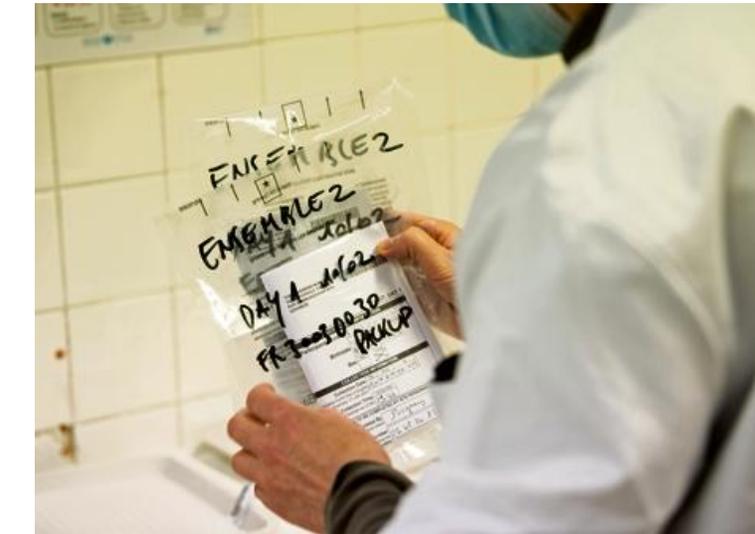
En France, les promoteurs publics des essais cliniques, dont l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), de nombreux centres hospitalo-universitaires (CHU) et l'Inserm, ne respectent pas l'obligation de publication des résultats dans la base de données publique EudraCT (European Union Drug Regulating Authorities Clinical Trials Database), révèle un rapport de l'association britannique TranspariMed, auquel *Le Monde* a eu accès en exclusivité. Cette obligation, entrée en vigueur en juillet 2014, concerne tous les essais cliniques de phase II à IV menés chez l'adulte l'année suivant leur achèvement et tous ceux menés chez l'enfant, dans les six mois suivant leur terme. Mais, d'après le rapport de TranspariMed fondé sur l'analyse de 1324 essais cliniques déclarés dans la base EudraCT et menés par 26 promoteurs publics, moins de 7 % des 159 essais cliniques concernés par l'obligation européenne en raison de leur date d'achèvement déclarée ont eu leurs résultats déposés. Le rapport estime que, au total, les résultats manquent pour 630 essais cliniques, en prenant en compte ceux dont le suivi apparaît incohérent dans la banque EudraCT, avec notamment des dates d'achèvement incorrectement ou non déclarées.

Ces manquements aux obligations de l'Union européenne, tant sur le suivi que sur le dépôt des résultats, concernent également les 32 essais cliniques menés sur des traitements contre le Covid-19 en France par 20 promoteurs, majoritairement publics, sur un nombre total de 14 400 patients.

## Exemplarité du privé

Ces « performances » tranchent avec celles des promoteurs privés français, dont le taux de dépôt des résultats atteint 98 %, ainsi qu'avec celles des promoteurs publics de l'ensemble des pays européens, en moyenne trois fois plus importantes en 2019. D'après un courrier de juin 2019 destiné à rappeler aux promoteurs leurs obligations, conjoint à l'Union européenne (UE), à l'Agence européenne des médicaments et au réseau des directeurs nationaux des agences sanitaires européennes, les résultats de 18 432 des 57 687 essais cliniques enregistrés dans la base de données EudraCT auraient dû avoir été déposés en avril 2019, en raison de la date déclarée pour leur achèvement. Le taux de dépôt pour ces résultats atteignait 77,2 % pour les promoteurs privés, et 23,6 % pour les promoteurs publics.

« L'absence de transparence a des conséquences néfastes à plusieurs niveaux, car



Un essai pratiqué à l'Hôtel-Dieu, à Paris, en février. BENJAMIN GRETTE POUR LE MONDE

elle retient à la fois sur la qualité de la recherche, sur l'accès aux remèdes par les patients et elle empêche les autorités publiques de prendre des décisions en toute connaissance de cause pour lancer un nouvel essai », déplore Patrick Lefas, président de l'ONG Transparency International. « Ce droit d'information que couvre cette obligation européenne, on le doit aux finances publiques et encore plus aux patients. Il y a un enjeu scientifique et un enjeu éthique », insiste-t-il. « L'absence de transparence pose le problème de la qualité de la recherche. C'est quelque chose qu'on risque de ne pas prendre en compte dans la réalisation de l'essai clinique, alors que c'est crucial », réchérchi Philippe Ravaud, directeur épidémiologie clinique de l'Hôtel-Dieu de Paris. « Les résultats sont déposés sous un format qui fait qu'on est obligé de mettre les données brutes, indépendamment de toute stratégie de communication. Lorsqu'on compare les résultats déposés dans la base à ceux de la publication scientifique, on se rend compte qu'il y a plus d'informations dans les premiers que dans les seconds, en particulier en matière d'effets indésirables », complète-t-il.

« CE DROIT D'INFORMATION, ON LE DOIT (...) AUX PATIENTS. IL Y A UN ENJEU SCIENTIFIQUE ET UN ENJEU ÉTHIQUE »

PATRICK LEFAS  
PRÉSIDENT DE L'ONG  
TRANSPARENCY  
INTERNATIONAL

L'exigence de transparence sur les résultats des essais cliniques, à travers l'enregistrement des données dans des bases de données publiques, figure parmi les principes de la déclaration d'Helsinki de 1964 de l'Association médicale mondiale, au fondement de la bioéthique contemporaine. Mais les prises de conscience de la part de la communauté médicale sont récentes. Elles font suite à la publication de plusieurs études scrutant les biais de la littérature médicale, au fil de laquelle s'est imposée

l'image d'une connaissance distordue à l'origine d'un gaspillage de moyens financiers investis et d'un préjudice tant pour les patients que pour le public. Les revues médicales tendent, en effet, à publier de manière sélective les résultats positifs des essais cliniques, tandis que les résultats négatifs ou insuffisamment convaincants, considérés comme dévalorisants, restent invisibles.

Du point de positionnement, en 2004, de l'International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), regroupant les éditeurs de onze revues, dont le *New England Journal of Medicine*, le *Lancet* et le *JAMA* : dans un éditorial conjoint, les rédacteurs en chef de ces revues s'engageaient à ne plus publier dans leurs journaux les résultats des essais cliniques dont l'existence n'aurait pas été déclarée dans une base de données publique avant le recrutement du premier sujet.

En 2007, aux États-Unis, un décret de la Food and Drug Administration (FDA) a rendu obligatoire la déclaration des résultats des essais cliniques dans la banque de données Clinicaltrials.gov, puis une déclaration de l'Organisation mondiale

de la santé de 2015 a rappelé à ses États membres les enjeux éthiques de la transparence en matière de publication des résultats des essais cliniques, leur enjoignant de mettre en place les moyens nécessaires. C'est dans ce contexte que s'inscrit le décret européen de 2014, qui sera traduit en loi, en France, à la fin de l'année 2021.

## Changement de culture

Mais le processus d'enregistrement dans les bases de données exige aussi des moyens humains et financiers. « Nous avons mis en place une vraie politique de la transparence et le processus de l'enregistrement repose sur les compétences croisées d'un statisticien, d'un rédacteur médical et d'un responsable des affaires réglementaires. Trois journées de travail sont nécessaires et le processus inclut également une étape de validation », précise Hélène Moutaffian, des laboratoires Pierre Fabre. « Il faut que cette activité soit financée et, si l'essai est financé par l'argent public, il faut que la question de la transparence soit considérée comme un critère à part entière de l'essai clinique », insiste Philippe Ravaud. « C'est une différence de culture avec le Royaume-Uni où, lorsqu'on fait un essai, on fait en sorte que les résultats soient disponibles et utilisés au maximum », poursuit-il. Till Bruckner, de TranspariMed, rappelle à cet égard qu'au dernier décompte, début mars, « ces taux sont de 52 % outre-Manche ».

Au sein des institutions publiques, les promoteurs affirment leur détermination à changer de culture pour intégrer la transparence à leurs priorités. « Cette enquête est importante, car la mise à disposition de données brutes est une sécurité pour que le public ait accès aux données », insiste le cardiologue Nicolas Danchin, missionné par l'AP-HP pour établir un état des lieux sur l'intégrité scientifique. « Elle va permettre d'expliquer ce que l'on fait. C'est un changement de culture pour tout le monde et il faut que chacun s'habitue à cela et qu'on trouve quels moyens techniques et financiers mettre en place pour régler ce problème », développe-t-il. « On est en train de s'organiser pour que ces résultats soient entrés dans la base de données, avec la mise en place d'un ensemble de mesures, incluant une formation en ligne, une sensibilisation sur la nécessité de transparence lors des réunions de lancement des essais cliniques, ainsi qu'un suivi de la publication dans la base de données EudraCT », détaille Hélène Espérou, responsable du pôle de recherche clinique à l'Inserm. ■

CATHERINE MARY

# Le proton, cette particule essentielle et mal définie de la matière

PHYSIQUE - Le constituant principal du noyau des atomes se révèle être un sac de nœuds complexe, qui échappe encore à l'entendement

En 2012, la découverte d'une nouvelle particule, le boson dit de Higgs, paraissait l'édifice théorique décrivant la diversité de la matière à l'échelle de l'infiniment petit. Elle était la pièce manquante pour expliquer notamment l'origine des masses de toutes les particules. De toutes ? Non, car, comme le rappelle une nouvelle expérience américaine, SeaQuest, une particule échappe encore à l'entendement. Il s'agit du proton, ce constituant principal du noyau des atomes autour duquel gravitent les électrons. Un comble, car cette pièce a justement permis la découverte du « Higgs ».

« On dit souvent que nous connaissons 5 % de ce dont est fait l'Univers car le reste est constitué de matière et d'énergie noires dont nous ignorons encore la nature. Mais, en réalité, même ces 5 % que nous sommes censés maîtriser nous échappent ! », constate Fulvio Tessarotto, porte-parole de Compass, une expérience du CERN (Organisation européenne

pour la recherche nucléaire), qui scrute les propriétés du proton, lequel compte pour la majorité de ces 5 %.

## Une « mer » très agitée

Les résultats, publiés dans *Nature* du 25 février, de la nouvelle expérience SeaQuest du Fermilab, situé près de Chicago, confirment que le proton est bien un sac de nœuds très complexe. Le terme « sac » n'est pas inapproprié car, contrairement à d'autres espèces infinitésimales, comme l'électron ou le photon, le proton n'est pas une particule élémentaire. Telle une poupée russe, ce microscopique objet d'environ un milliardième de milliardième de mètre de diamètre est composé de particules encore plus petites, les quarks, eux-mêmes tenus ensemble par des gluons. Mais la somme des masses de tout ce beau monde n'explique pas la masse du sac complet.

Pire, SeaQuest confirme qu'il y a autre chose que de la matière dans ce sac : de l'antimatière, c'est-

à-dire la sœur jumelle de la matière, même masse mais de charge opposée. Bref le sac de nœuds est en réalité une « mer » de gluons, de quarks, d'antiquarks, très agitée et qui échappe pour l'instant à toute description théorique.

Cette première surprise remonte à des expériences au CERN en 1991 (New Muon Collaboration) et aux États-Unis en 1999 (NuSea). SeaQuest s'avère plus précise et décrit notamment comment la composition en antimatière change en fonction de la vitesse du proton. « Plus un proton va vite, plus des gluons apparaissent pour empêcher les quarks

DÉJÀ, DE NOUVELLES EXPÉRIENCES SONT LANCÉES POUR FAIRE LE TRI ENTRE LES THÉORIES

de « sortir » du proton », rappelle Claude Bourrely, retraité du CNRS et encore actif à l'université Aix-Marseille. Davantage de gluons, cela signifie aussi davantage de paires de quarks et d'antiquarks, qui apparaissent et disparaissent en permanence. Ce qui explique cette présence inattendue d'antimatière au cœur de la matière, mais ne dit pas en quelle quantité.

Pour réaliser cette pesée, les chercheurs utilisent le bon vieux principe qui, il y a plus d'un siècle, avait déjà permis de découvrir les noyaux atomiques : ils envoient des faisceaux de particules contre des cibles. « Une fois sur 1 000 milliards nous observons des phénomènes rares liés à la présence d'antimatière dans le proton », souligne Paul Reimer, le responsable de SeaQuest. Ces phénomènes correspondent à l'interaction entre un quark de la cible et un antiquark du projectile, qui se matérialise par la création d'une paire de nouvelles particules détectables, les quarks et les antiquarks n'étant, eux, pas directement « visibles ».

En utilisant toujours le même faisceau de protons, mais plusieurs cibles de composition différente en quarks, l'équipe arrive à « compter » les antiquarks au cœur du proton. Ceux-ci sont au moins de deux types, les antiquarks dits « up » et les antiquarks dits « down ». Il y aurait 40 % à 50 % de plus d'antiquarks down que d'antiquarks up, alors que la « mer » devrait contenir autant de l'un que de l'autre. « Nous ne comprenons pas ces résultats ! », tranche Paul Reimer. Mais je suis heureux d'apporter cette confirmation après vingt ans de travail pour développer cette expérience. Et depuis 2017 nous explorons de nouveaux régimes au sujet desquels nous ne savions rien. »

L'histoire n'est pas finie. Claude Bourrely aussi est heureux, car « cela confirme notre modèle de 2001 qui prévoyait cette évolution en fonction de la vitesse ». Mais l'histoire n'est pas finie, car d'autres modèles existent, avec d'autres hypothèses, et aux prédic-

tions différentes à encore plus haute vitesse. Déjà, de nouvelles expériences sont lancées pour faire le tri entre ces théories. Outre cette question de la quantité d'antimatière au cœur du proton, elles sonderont un autre de ses mystères : la manière dont il tourne dans un champ magnétique. Paul Reimer a d'ailleurs les pieds dans deux de ces expériences, SpinQuest, aux États-Unis, et Ambera CERN, successeur de Compass.

Tenter de résoudre ces deux énigmes justifierait à lui seul ces recherches. Mais celles-ci cachent des aspirations encore plus grandes. « Au CERN, lorsqu'ils ont trouvé le Higgs, c'était grâce aux protons. Maintenant ils cherchent des détails qui ne collent pas avec la théorie standard. Pour cela il est nécessaire de mieux comprendre de quoi sont faits les protons », résume Paul Reimer. Il faut donc plonger la main dans le sac pour y trouver des indices d'une nouvelle théorie permettant de mieux encore décrire la nature. ■

DAVID LAROUSSE